

**Diffusionsstudien
am inkorporierten menschlichen Zahn
mit fluoreszierenden Vitalfarbstoffen**

von
Volker Bauer
aus
Kaplitz

1968 № 3 2 1



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
(Vorstand: Prof. Dr. A. Kröncke)
der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Prof. Dr. Dr. G. Steinhardt)
der Universität Erlangen-Nürnberg

Diffusionsstudien am inkorporierten menschlichen Zahn mit fluoreszierenden Vitalfarbstoffen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Volker Bauer
aus
Kapnitz

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen
Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. A. Kröncke
Referent: Univ.-Doz. Dr. Dr. R. Harndt
Korreferent: Prof. Dr. A. Kröncke

Tag der mündlichen Prüfung: 29. 10. 1968

Meinen Eltern gewidmet

Inhaltsübersicht

	Seite
Literatur	1
"Diffusionsvorgänge in den Zahnhartsubstanzen"	
Fragestellung	5
Methodik	6
Literatur zur Methodik	12
Aufbereitung des Materials	18
Befunde der Serien I - V	20
Ergebnisse	26
Diskussion der Ergebnisse	28
Zusammenfassung	31
Schrifttum	32

Literaturübersicht

Nachdem KÖHLER (25) mit verschiedenen Farbstoffen Diffusionsstudien an exkorporierten menschlichen Zähnen durchgeführt hatte, sollten seine Ergebnisse mit anderer Methodik überprüft werden.

Die Frage des Ausmaßes und der Richtung von Diffusionsvorgängen in den Zahnhartgeweben ist bisher an inkorporierten menschlichen Zahn unter physiologischen Bedingungen noch nicht eingehend untersucht worden.

An markhaltigen extrahierten Hundezähnen wies BERTRAM (5) 1934 einen "Stoffwechsel" nach. Er legte in Kavitäten, die bis ins Dentin reichten, ein kolloidales Farbstoffdepot (Kongorot) ein. In einer 2. Versuchsreihe injizierte er Vitalfarbstoffe (Trypanblau, Eosin) dem lebenden Tier und extrahierte anschließend sämtliche Zähne.

Dabei konnte er folgenden Befund erheben:

In den Dentinkanälchen findet eine Flüssigkeitsbewegung statt; der Dentinliquor färbt sich an. Ebenso läßt sich im Schmelz eine Farbstoffdiffusion nachweisen wenn auch in weit geringerem Ausmaß.

Zu ähnlichem Ergebnis kam WANNENMACHER (34) 1937, als er Diffusionsstudien an harten Zahnschmelzen insbesondere am Zahnschmelz durchführte.

Die Frage ob der menschliche Zahnschmelz überhaupt durch-

lässig für Lösungen verschiedener Art ist, war von zahlreichen Autoren mit Hilfe von Diffusionsversuchen zu klären versucht worden. Man war der Ansicht, daß kristalloide und kolloidale Lösungen durch die Zahnhartsubstanzen diffundieren können und mit bestimmten Einschränkungen auch durch den Schmelz.

WANNENMACHER (34) führte seine Versuche an frisch extrahierten, kariesfreien Zähnen mit Silbernitratlösung durch. Nach verschieden langer Einwirkungszeit (1-60 Tage) von Silbernitratlösungen unterschiedlicher Konzentration (2-40 %) wurden die Zähne, bei denen teilweise der Wurzelkanal vom Apex her stark erweitert worden war, in 10 %igem Formalin dem Tageslicht ausgesetzt. In der Formalinlösung setzte die Schwärzung der Schmelzoberfläche ein und ebenso der Wurzel. Zum Teil war schon nach 24 Stunden Einwirkungszeit der Ag NO_3 Lösung die Schmelzoberfläche tief-schwarz und metallisch glänzend.

Er fand, daß die Eindringtiefe der Silbernitratlösungen an verschiedenen Zähnen und an verschiedenen Flächen eines Zahnes stark variierte. Im cervikalen Kronenabschnitt des Schmelzes und vor allem an den Fissuren war die Färbung am stärksten. WANNENMACHER schreibt dies den Struktureigentümlichkeiten des Schmelzes zu.

In der Regel machte die Färbung an der Schmelz-Dentingrenze halt.

Das Zement war regelmäßig und intensiv gefärbt.

An einigen Zähnen stellte er fest, daß eine Diffusion vom Dentin her in den Schmelz hinein möglich ist.

STÜBEN und SPRETER von KREUDENSTEIN (31 + 32) führten ihre Diffusionsstudien an fünf ausgewachsenen Hunden durch, bei welchen die Zähne der einen Gebißhälfte durch Exstirpation der Pulpa devitalisiert wurden, während die andere Gebißhälfte unberührt blieb. Nach der Markentfernung ist dann Penicillin G in der erprobten Dosierung von 20000 I E/ kg Körpergewicht intravenös verabreicht worden. Hierauf folgte in bestimmten Zeitabständen die Entnahme von Blutproben und gleichzeitig die Entfernung sowohl von markhaltigen, als auch von marklosen Zähnen zum Zweck der Bestimmung des Penicillingehaltes im Serum bzw. im Dentinliquor der jeweils entfernten Zähne.

STÜBEN und SPRETER von KREUDENSTEIN wiesen mit ihren Hunderversuchen nach, daß intravenös verabreichtes Penicillin G aus dem Blut auch dann in den Dentinliquor übertritt und aus ihm wieder eliminiert wird, wenn das Zahnmark vor der Penicillininjektion vollständig entfernt worden war. Bezüglich der Menge Penicillin, die aus dem Blut in den Dentinliquor gelangt, unterscheiden sich die marklosen von

den markhaltigen Zähnen ganz erheblich.

Im Dentinliquor markloser Zähne findet sich durchschnittlich nur ein Viertel der Penicillinmenge, die unter gleichen Versuchsbedingungen im Dentinliquor markhaltiger Zähne angetroffen wird. Dies bedeutet, daß die Diffusionsfläche durch die Markentfernung um etwa $3/4$ ihres Umfanges reduziert wurde. Der Stoffaustausch zwischen Blut und Dentin bei marklosen Zähnen geht über die restliche Diffusionsfläche, die vom Zementmantel der Zahnwurzel gebildet wird, vor sich.

KEWORKIAN und MITEW (24), führten ihre Untersuchungen an extrahierten Zähnen durch: nach Durchtrennung der Wurzel 4-5 mm unterhalb des Zahnhalses wurde die Kronenpulpa retrograd aus dem Pulpencavum entfernt. Nachdem auf der Kaufläche eine tiefe Fissurenkavität präpariert worden war, legten sie einen tetracyclingedrängten Wattebausch in die Kavität ein, und verschlossen sie mit Zement und Wachs. Nach 24 Stunden wurden die Einlagen wieder entfernt und die Tetracyclinmenge der Einlage mit dem Spektrophotometer bestimmt.

Sie geben an, daß das Tetracyclin innerhalb von 24 Stunden durch das suprapulpäre Dentin in ausreichender Menge diffundiert, um eine Infektion der Pulpa zu beseitigen. Allerdings soll die Menge der aus der Einlage entwichenen Tetracycline von der Beschaffenheit des Zahnes, von dessen Kalziumgehalt und vom Alter des Patienten abhängen.

Fragestellung

So zeigt sich, daß Diffusionsstudien an den Zahnhartgeweben bisher entweder im Tierversuch oder am exkorporierten menschlichen Zahn durchgeführt wurden. Das Diffusionsverhalten von Vitalfarbstoffen an bleibenden menschlichen Zähnen, die funktionstüchtig im Kiefer stehen, ist bisher nicht überprüft worden.

So stellt sich für die vorliegenden Untersuchungen die Frage, wieweit die Ergebnisse am exkorporierten Zahn und im Tierversuch auf physiologische Verhältnisse am Menschen übertragen lassen.

Aus diesem Grund sollen fünf verschiedene Versuchsreihen durchgeführt werden.

Methodik

In der vorliegenden Arbeit wurde mit Hilfe der Tetracyclinfluoreszenz die Richtung und das Ausmaß der Diffusion an Vitalen und pulpatoten Zähnen bestimmt.

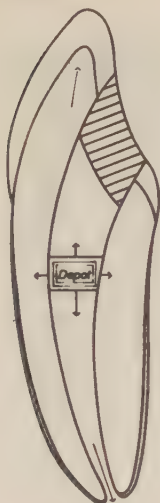
Es wurden dazu fünf verschiedene Versuchsreihen durchgeführt, vier Serien marktoter Zähne und eine Serie vitaler Zähne wurden untersucht.

Als klinischer Beweis für den Pulpatot galten folgende Kriterien

1. Negativer Ausfall der Sensibilitätstests
(thermisch: mit Kohlensäureschnee und elektrisch)
2. Perkussionsempfindlichkeit des Zahnes als
Zeichen einer akuten Periodontitis
3. Der röntgenologische Nachweis einer vermehrt
strahlendurchlässigen Zone im cirkumapicalen
Knochen als Beleg für das Vorliegen einer chronisch
apicalen Parodontitis.

In den fünf Serien wurde jeweils eine unterschiedliche Methodik verwandt.

SERIE I



I

10 Zähne, Liegedauer 21 Std.-10 Tg.

Protokoll Nr.	♀ ♂	Alter d. Pat.	Zahn	Liege- dauer
B I 8	♂	20 J.	4 +	21 Std.
B I 6	♀	57 J.	+ 2	23 Std.
B I 9	♂	41 J.	- 5	27 Std.
B I 7	♀	29 J.	- 8	46 Std.
B I 10	♀	17 J.	6 -	95 Std.
B I 4	♂	44 J.	6 +	5 Tg.
B I 5	♂	26 J.	- 6	6 Tg.
B I 2	♂	33 J.	- 4	7 Tg.
B I 1	♂	73 J.	7 -	10 Tg.
B I 3	♂	27 J.	- 6	13 Tg.

I

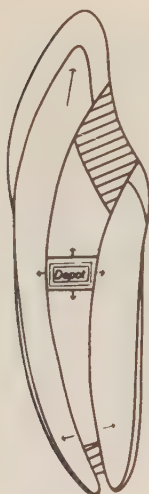
Abb. 1

Tab. I

Es wurden 10 Zähne trepaniert, die Wurzelkanäle aufbereitet und ein Tretracyclindepot von ca. 100 mg am Wurzelkanaleingang eingelegt. Der Wurzelkanal war apical offen (Abb. 1). Nach Einbringen des Tretracyclindepots wurde die Trepanationsstelle mit einem dichten Verband von Zinkoxyd-Nelkenöl verschlossen, um eine Verdünnung bzw. Ausschwemmung des Medikamentes zu verhindern.

Die Liegezeit der Reverineinlage betrug von 21 Stunden bis zu 10 Tagen. Dann wurden die Zähne extrahiert (Tab. I). Der jüngste Patient war 17 Jahre, der älteste 73 Jahre alt.

SERIE II



I

Abb. 2

10 Zähne, Liegedauer 22 Std.-79 Tg.

Protokoll Nr.	♀ ♂	Alter d. Pat.	Zahn	Liege- dauer
B II 6	♂	57 J.	5 -	22 Std.
B II 7	♂	40 J.	- 6	48 Std.
B II 8	♂	40 J.	- 7	93 Std.
B II 10	♂	49 J.	5 +	98 Std.
B II 1	♂	52 J.	- 4	6 Tg.
B II 2	♂	52 J.	- 5	6 Tg.
B II 9	♂	40 J.	+ 8	9 Tg.
B II 5	♂	38 J.	5 -	9 Tg.
B II 4	♂	52 J.	+ 4	13 Tg.
B II 3	♂	43 J.	5 -	79 Tg.

I

Tab. II

Es wurden 10 Zähne wurzelkanalbehandelt. Nach teilweiser Wiederentfernung des Wurzelfüllmaterials (Chloropercha) wurde in jeden Zahn ein Tetracyclindepot von ca. 100 mg Reverin am Wurzelkanaleingang eingelegt. Der Wurzelkanal war apical geschlossen (Abb. 2). Nach Einbringen des Tetracyclindepots wurde die Trepanationsstelle mit einem dichten Verband von Zinkoxyd-Nelkenöl verschlossen, um eine Ausschwemmung des Medikamentes zu verhindern. Die Liegezeit der Reverineinlage betrug von 22 Stunden bis zu 79 Tagen. Dann wurden die Zähne extrahiert (Tab. II). Der jüngste Patient war 38 Jahre, der älteste 57 Jahre alt.

SERIE III



Abb. 3

12 Zähne, Extraktion 20Min.-14Tg.
nach der ersten Injektion

Protokoll Nr.	♂ ♀	Alter d.Pat.	Zahn	Injektion	Extr. nach der 1. Inj.
TS I 1	♀	69 J.	4 -	1 x 275 mg	0 Skd. 20'
TS I 2a	♀	69 J.	- 1	2 x 275 mg	24 Skd. 20'
TS I 2b	♀	69 J.	- 2	2 x 275 mg	24 Skd. 20'
TS I 3	♀	69 J.	2 -	3 x 275 mg	49 Skd. 20'
TS II 2	♀	44 J.	+ 2	5 x 275 mg	5 Tg.
TS II 3	♀	44 J.	2 +	5 x 275 mg	5 Tg.
TS II 5	♀	44 J.	4 +	5 x 275 mg	5 Tg.
TS II 6	♀	44 J.	6 +	5 x 275 mg	5 Tg.
B IV 2	♂	22 J.	- 8	8 x 275 mg	7 Tg.
B IV 10	♂	36 J.	2 +	2 x 275 mg	14 Tg.
B IV 11	♂	36 J.	1 +	2 x 275 mg	14 Tg.
B IV 12	♂	36 J.	+ 1	2 x 275 mg	14 Tg.

Tab. III

Es wurden 12 vitale Zähne untersucht, um eine Vergleichsmöglichkeit mit den pulpatoten bzw. wurzelkanalbehandelten Zähnen der anderen Serien zu haben. Der Wurzelkanal war apical nicht verschlossen (Abb. 3).

Die Patienten bekamen im Abstand von 24 Stunden 1 bis 8 x 275 mg Reverin intravenös injiziert.

Die Extraktion erfolgte in einem Zeitraum von 20 Minuten bis zu 14 Tagen nach der ersten Injektion (Tab. III).

Der jüngste Patient war 22 Jahre, der älteste 69 Jahre alt.

SERIE IV



IV

Abb. 4

8 Zähne, Extraktion 27Std-13Tg.
nach der ersten Injektion

Protokoll Nr.	♀♂	Alter d. Pat.	Zahn	Injektion	Extr. nach der 1. Inj.
B IV 7	♂	36 J.	- 5	1x 275 mg	27 Std.
B IV 8	♂	36 J.	6 +	1x 275 mg	45 Std.
B IV 6	♂	69 J.	7 -	1x 275 mg	50 Std.
B IV 3	♂	17 J.	7 -	3x 275 mg	4 Tg.
B IV 4	♂	46 J.	+ 2	1x 275 mg	7 Tg.
B IV 5	♂	46 J.	+ 4	1x 275 mg	7 Tg.
B IV 9	♂	36 J.	+ 3	2x 275 mg	8 Tg.
B IV 1	♀	30 J.	+ 7	1x 550 mg 13 x 275 mg	13 Tg.

IV

Tab. IV

Es wurden 8 Zähne trepaniert, ihre Wurzelkanäle aufbereitet und die Trepanationsöffnung wieder mit Zinkoxyd-Nelkenöl verschlossen. Der Wurzelkanal war apical offen (Abb. 4). Die Patienten bekamen im Abstand von 24 Stunden 1 bis 15 x intravenöse Reverininjektionen.

Die Extraktion erfolgte in einem Zeitraum von 27 Stunden bis zu 13 Tagen nach der ersten Injektion (Tab. IV).

Der jüngste Patient war 17 Jahre, der älteste 69 Jahre alt.

SERIE V



V

Abb. 5

10 Zähne, Extraktion 22 Std.-14 Tg.
nach der ersten Injektion

Protokoll Nr.	♀ ♂	Alter d. Pat.	Zahn	Injektion	Extr. nach der 1. Inj.
B III 3	♂	34 J.	8 -	1x 275 mg.	22 Std.
B III 1	♀	42 J.	5 -	1x 275 mg.	24 Std.
B III 2	♀	43 J.	5 -	1x 275 mg.	47 Std.
B II 4	♂	36 J.	3 +	2x 275 mg.	4 Tg.
B II 7	♂	39 J.	3 +	1x 275 mg.	6 Tg.
B II 8	♂	39 J.	1 +	1x 275 mg.	8 Tg.
B III 9	♂	39 J.	+ 1	1x 275 mg.	8 Tg.
B III 10	♂	36 J.	+ 4	2x 275 mg.	8 Tg.
B I 5	♂	36 J.	7 +	2x 275 mg.	11 Tg.
B II 6	♂	36 J.	+ 2	2x 275 mg.	14 Tg.

V

Tab. V

Es wurden 10 Zähne trepaniert, die Wurzelkanäle aufbereitet und mit Chloropercha abgefüllt. Die Trepanationsöffnungen wurden mit Zinkoxyd-Nelkenöl verschlossen.

Der Wurzelkanal war apical verschlossen (Abb. 5).

Die Patienten erhielten 1 bis 2 x intravenöse Reverininjektionen.

Die Extraktion erfolgte in einem Zeitraum von 22 Stunden bis zu 14 Tagen nach der ersten Injektion (Tab. V).

Der jüngste Patient war 34 Jahre, der älteste 43 Jahre alt.

Literatur zur Methodik

Die Tetracycline eignen sich wegen ihrer Fluoreszenz und ihrer Eigenschaft mit metallischen Kationen Chelate zu bilden besonders gut zu Studien über die Bildung von Hartgeweben. Auf Grund der Ergebnisse von IBSEN, MARSHALL und Mitarbeiter (18), die verschiedene Tetracycline im Hinblick auf ihre Färbeintensität an Zähnen getestet haben, wurde das am intensivsten färbende Antibiotikum dieser Reihe, nämlich- (Pyrrolidinomethyl) -Tetracyclin (Reverin[®]) ausgewählt.

Mit der Entdeckung der Tetracycline (1948-1953) erhielt die Medizin ein neues wirksames Mittel zur Bekämpfung von Krankheitserregern. Wegen ihrer geringen Toxizität und ihres breiten Wirkungsspektrums waren sie aus der Behandlung von Infektionskrankheiten bald nicht mehr wegzudenken. Trotzdem dauerte es nur einige Jahre bis die ersten Autoren von toxischen Nebenwirkungen berichteten.

Während die Tetracyclinfluoreszenz im Knochen schon 1953 an der Maus von HELANDER und BÖTTIGER (17) beobachtet wurde, beschrieben MILCH, RALL und TOBIE (27) diese Erscheinungen beim Menschen erst 1957.

Sie fanden an den Zuwachsschichten der Haversschen Kanäle Tetracyclin-Einlagerungen. Als sie diese Phänomen in

Tierversuchen nachprüften, entdeckten sie im Knochen unter UV-Licht charakteristische Fluoreszenzlinien in den verhältnismäßigen schnell wachsenden Rattenschneidezähnen. Weiter fanden sie, daß die Fluoreszenz während der zehn Wochen dauernden Versuche nicht abnahm. BUYSKE, EISNER und KELLY (23) kamen 1960 zu ähnlichen Ergebnissen. HILTON (33) zeigte 1962 an zwei Fällen, fluoreszierende Skelett-Pigmentation nach Tetracyclin-Therapie. Bei der Autopsie zweier 3 Jahre alter Kinder fand er eine braungelbe Pigmentierung aller Knochen, die Kinder hatten bis zu ihrem Tode 108 gr., bzw. 25 gr. Chlortetracyclin erhalten. In ihrer Untersuchung der Tetracycline in Bezug auf den Knochenstoffwechsel, haben KÄMMERER und EGER (20) dargelegt, warum sich Tetracycline gerade in den Wachstumszonen von Kompakta und Spongiosa ablagern und so insbesondere die Mineralisationszonen markieren. Die Einlagerung erfolgt durch eine feste chelatartige Bindung an Kalzium und an die Knochengrundsubstanz.

Daß sich Tetracyclinablagerungen auch in den Hartsubstanzen der Zähne finden werden, wenn sie während der Zahnentwicklung verabfolgt wurden, war zu erwarten.

So berichteten SHWACHMAN und Mitarbeiter (29) 1958 von einer tetracyclinbedingten Gelbfärbung des kindlichen Milchgebisses an 40 Patienten, die im Säuglingsalter wegen cystischer Pankreasfibrose mit Tetracyclin über einen

Zeitraum von 1 Jahr und länger behandelt worden waren.

1961 entdeckten ZEGARELLI und Mitarbeiter (36) an 38 von 52 Kleinkindern, die an einer Pankreasfibrose litten, dunkelgraue und braune Verfärbungen in den Zähnen der ersten oder beiden Dentitionen. Es zeigte sich, daß alle Kinder große Dosen Tetracyclin bekommen hatten.

WALLMAN und HILTON (33) beschrieben 1962, daß sie während der letzten 5 Jahre gelbe Pigmentationen der Zähne bei 46 von 50 Kindern gefunden haben, nachdem sie vorher mit Tetracyclin behandelt wurden. Bei 23 Fällen war die Verfärbung besonders stark und deutliche Schmelzdefekte erkennbar. Im selben Jahr berichteten die Autoren von Pigmenteinlagerungen an Zähnen mit oder ohne Schmelzhypoplasien bei Kleinkindern, deren Mütter während der Schwangerschaft mit Tetracyclin behandelt worden waren.

HARCOURT und JOHNSON (15) fanden bei der fluoreszenzmikroskopischen Untersuchung von Milchzähnen, daß normaler Schmelz und Dentin ein schwach schimmerndes Band von Eigenfluoreszenz zeigten. In Zähnen jedoch, die Tetracyclinverfärbungen aufwiesen, sahen sie zahlreiche goldgelbe Streifen. In bleibenden Zähnen zeigte sich bei mikroskopischen und makroskopischen Betrachtungen keine Veränderungen, das Dentin war nicht verfärbt.

In weiteren Veröffentlichungen zwischen 1862-1968 berichten PORTEOUS und WEYMAN (35) von graubraunen und gelben Verfärbungen an Zähnen von Kindern, die mit Tetracyclingen während der ersten 6 Lebensmonate behandelt wurden. Durch dieses Antibiotikum wurden die Milchzähne verfärbt, die bleibenden Zähne jedoch nicht angegriffen. Nach dem 2. Lebensjahr gegeben, verschonte Tetracyclin das Milchgebiß, schädigte jedoch die Kaukanten der bleibenden Zähne, die nach dem Durchbruch Schmelzdefekte und Verfärbungen aufwiesen.

BEVELANDER, ROLLE und COHLAN (6) fanden im Dentin und im Schmelz von Rattenzähnen gelbe Fluoreszenzlinien, die mit den Perioden der Tetracyclinverabreichung in Verbindung standen. BOYNE und MILLER (8) übernahmen die Tetracyclinmarkierung als geeignetes Mittel zum Studium der Zahnentwicklung, ebenso COHEN und BOLENDER (7).

Bei der fluoreszenzmikroskopischen Betrachtung bleibender Zähne tetracyclinbehandelter Patienten fanden HARCOURT, JOHNSON (15, 19), MILLER (28) sowie FRANKEL und HAWES (12) im Dentin feine goldgelbe Linien, hauptsächlich auf das mittlere und apicale Drittel der Zahnwurzel beschränkt, jedoch keinerlei Fluoreszenz im Schmelz. Als Erklärung dafür vermuten sie, daß sich im Gegensatz zum Dentin zu wenig organische Substanz im Schmelz befindet und so das

Tetracyclin nicht eingelagert werden kann.

EPKER (11), ATKINSON und HARCOURT (4) kamen in ihren Untersuchungen über die Ablagerung dieses fluoreszierenden Vitalfarbstoffes zu dem gleichen Ergebnis, auch sie fanden Tetracyclin nur im Dentin. Sie benutzten diesen Farbstoff um genaueren Aufschluß über die Art und Weise der Mineralisation des Dentins und seiner histologischen Struktur zu erhalten.

GÖTZE (14) untersuchte die Eindringtiefe von Tetracyclinen im Rahmen neuer Pulpitis-Behandlungsmethoden.

Er führte seine Versuche an inkorporierten Menschenzähnen durch. Das Medikament wurde auf dem Kavitätenboden gelegt. Das kariös erweichte Dentin war vor der Einlage entweder restlos entfernt oder aber am Kavitätenboden bzw. am Rande der Eröffnungsstelle belassen worden. Die Liegedauer bis zur Extraktion betrug 2 Stunden bis 5 Tage. GÖTZE kam zu dem Ergebnis, daß keine Penetration dieses Antibiotikums zur Pulpa hin stattfindet, wenn das Pulpencavum nicht eröffnet ist. "Tetracycline dringen kaum in gesundes Dentin ein und überhaupt nicht in kariös erweichtes".

ANTALOVSKA (1, 2, 3) untersucht den Einbau der Tetracycline während der Zahnentwicklung. Sie zeigt in ihrer Arbeit, daß die Ablagerung der Tetracycline in den Wachstumszonen erfolgt. Weiter weist sie darauf hin, daß bereits minerali-

siertes Dentin und Schmelz keine Tetracycline mehr aufnehmen, im Gegensatz zum Knochen. Sie fand die Art der Applikation des Tetracyclins ohne Bedeutung für die Ergebnisse.

EGER, KÄMMERER und BOTHMANN (10) fanden, daß das fertig mineralisierte Dentin und der Schmelz kein Tetracyclin aufnehmen.

Im Widerspruch dazu hatte R. HARNDT (16) erst kürzlich zeigen können, daß auch wurzelkanalbehandelte oder marktote Zähne über den periodontalen Stoffwechsel Tetracycline einlagern. Er hat damit nicht nur einen weiteren Hinweis auf Stoffaustauschvorgänge am pulpatoten Zahn gebracht, sondern zugleich die Ansicht widerlegt, daß Tetracycline im voll mineralisierten Zahn nicht eingelagert werden können.

Die unmittelbare Einlagerung von Tetracyclin nach seiner Verabreichung und der dauerhaften Speicherung in den Zahnhartgeweben sowie das Anhalten der Fluoreszenz beschrieben KEIL (21, 22), STÜBEN und KNOTHE (31) in ihren Veröffentlichungen.

Diese an sich unerwünschten Nebenwirkungen des Tetracyclins führten zu seiner experimentellen Anwendung als Vitalfärbungsmittel, das sich nicht nur für die Untersuchung der Zahnentwicklung, sondern auch für Diffusionsstudien gut eignet.

Aufbereitung des Materials:

Voruntersuchungen hatten gezeigt, daß die Tetracycline in 90 %igem, 96 %igem und absolutem Alkohol und in Aceton nicht aus den Präparaten ausgewaschen werden, ihre Fluoreszenz also voll erhalten bleibt.

Daher wurden die extrahierten Zähne nach den Angaben der Tabelle VI vorbehandelt und fixiert.

- | | |
|---------------------|---|
| 1. Tag 90 % Alkohol | 10. Tag $3/4$ Aceton + $1/4$ Leguval |
| 2. Tag 96 % Alkohol | 12. Tag $2/4$ Aceton + $2/4$ Leguval |
| 3. Tag abs. Alkohol | 14. Tag $1/4$ Aceton + $3/4$ Leguval |
| 4. Tag Aceton | 16. Tag Leguval |
| 6. Tag Aceton | 20. Tag Einbettung in Leguval mit
Härtepaste Lucidol |
| 8. Tag Aceton | |

Tab. VI

Materialverarbeitung

Am 20. Tage nach der Extraktion wurden die Zähne in Leguval (Fa. Bayer) mit einer Lucidol-Härtepaste (Fa. Oxydo) eingebettet, um eine exakte Schnittgewinnung zu ermöglichen.

Nach einwöchiger Aushärtung wurden die Objekte auf einer Maschine zur Herstellung mineralogischer Schlitte (Fa. Steeg & Reuter) unter sparsamer Berieselung mit Wasser in ca. 90 μ dicke Scheiben zerlegt. Die Weiterverarbeitung der Zähne erfolgte mit Hand auf dem Schleifblock mit verschiedenkörnigen Schleifpapier unter sparsamer Alkohol (90 %)-Berieselung in etwa 20 bis 40 μ dicke Scheiben. Anschließend wurden die Schlitte mit Schlemmkreide auf einer Glasplatte poliert. Die Schlitte wurden in 90 %igem Alkohol mit dem Pinsel sorgfältig von anhaftenden Schleifresten gereinigt, 5 Minuten in ein Bad von abs. Alkohol gelegt, dann kurz (2 Minuten) in ein Xylolbad überführt und in Entellan (Fa. Merck) eingebettet.

Die Präparate wurden mit dem "Leitz-Foto-Mikroskop" ausgewertet. Für die fotografischen Aufnahmen wurde das fluoreszenzmikroskopische und das lichtmikroskopische Bild jeweils bei gleicher Okular-Objektiv-Präparat-Einstellung angefertigt. Die verwendeten UV-Erreger- und Sperrfilter sind im Abbildungstext angegeben.

Ergebnisse

Befunde der Serie I

Die fluoreszenzmikroskopische Untersuchung der Präparate zeigte in allen Zahnhartgeweben ein deutliches Leuchten (Tab. VII). Im Bereich des Tetracyclindepots und der angrenzenden Dentinschichten war die Fluoreszenz besonders kräftig. Es fiel auf, daß die Interglobularräume regelmäßig mit dem Farbstoff angefüllt waren (vergl. Abb. 11 b Serie V). Im Periodont waren ebenfalls Tetracycline nachweisbar, deren Konzentration von der Wurzelspitze zum Zahnhals hin abnahm. In Präparaten mit angrenzenden Knochen waren auch im periodontnahen Anteil der Alveolenwand Farbstoffeinlagerungen zu erkennen. Die Diffusion der Tetracycline zeigte verschiedene Richtungen. Das Dentin in unmittelbarer Umgebung des Farbstoffdepots war regelmäßig am intensivsten angefärbt. Im Wurzelkanal war er bis zum foramen apicale einwandfrei nachweisbar (Abb. 7a und b). Im Dentin führten fluoreszierende Bahnen sowohl zur Schmelz- wie auch zur Zementgrenze. Im Schmelz war häufig nicht nur in den Schmelzbüscheln und Lamellen sondern auch in der interprismatischen Substanz ein kräftiges Leuchten zu bemerken (Abb. 6a und b). Im Zement war ebenfalls an den Schichtlinien und in den Zellen eine deutliche Fluoreszenz sichtbar (Abb. 7a und b),

ebenso wie im anhängenden Periodont (vergl. Abb 8b Serie II).

Die Intensität der Fluoreszenz war unabhängig vom Alter der Patienten und von der Dauer der Einlage.

Präp.Nr. SERIE I	SCHMELZ				DENTIN	
	Büschel	Lamellen	SOH	SD-Grenze	Kanälchen	
B I 8	-	zum Teil +	+	vereinzelt +	(+)	
B I 9	-	zum Teil +	+	in Depot- nähe -	in Depot- nähe ++ +	
B I 7	diffus in Depotnähe + sonst -	selten - +	+	+	in Depot- nähe ++ +	
B I 10	+	+	-	bei einig. Präp.stark ++ sonst -	+	
B I 2	+	-	-	-	in Depot- nähe ++ +	
B I 1	diffus in Depotnähe + (+)	stellen- weise + meist. -	-	(+)	-	
B I 4	-	-	diffus + (+)	-	-	
B I 3	-	-	-	-	-	
B I 5					(+)	

	DENTIN Interglobular- dentin	ZEMENT Zellen	Anlagerungs- linien	PERIODONT	PULPA Tetracyclin- einlage
	+	z.T.apical +	+	+	V-Kanalwand +
	+	vereinzelt +	+	+	V-Kanalwand ++
	+	vereinzelt +	+	+	V-Kanalwand +
	+				in Depotnähe ++
	vereinzelt + -	oberfläch- lich (+) -	(+)	bis V-Mitte schwach (+) im Knochen +	V-Kanalwand +
	V-Kanalwand + -	-		+	V-Kanalwand +
	-	-	-	-	
	+	vereinzelt periapical +	vereinzelt (meist apical) +	+	Depot in V-Kanalwand +
					Depot in V-Kanalwand +

Tabelle VII

Zusammenstellung der Befunde aus Serie I

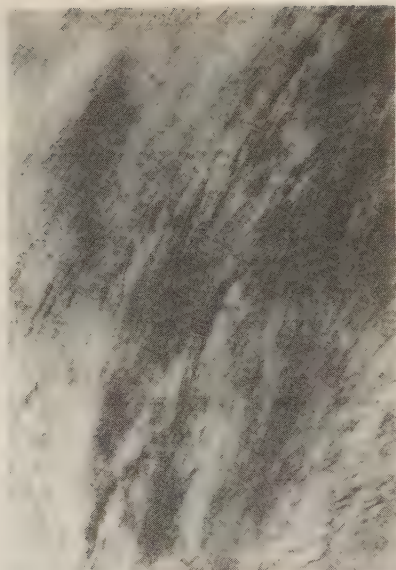


Abb. 6a

Lichtmikroskopische Aufnahme zu 6b

Serie I B I 10 ♀ 17 J. Film Nr. VI, 25

Tetracyclindepot 100 mg am V-Kanaleingang 95 Std.

ca. 15 μ

Vergr. 1:100

Schmelzbüschel Bildmitte, Schmelzlamelle rechts unten,
Dentin links unten

Deutlich ist die Querstreifung der Schmelzprismen

(linke Bildhälfte) zu erkennen.

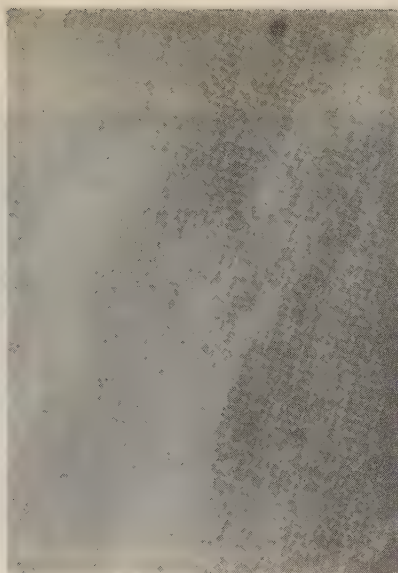


Abb. 6b

Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme zu 6a
 Serie I B I 10 ♀ 17 J. Film Nr. VI, 24
 Tetracyclindepot 100 mg am V-Kanaleingang 95 Std.
 ca. 15 μ Erregerfilter UG 1 2+2 Sperrfilter 430

UG 3 5

Vergr. 1 : 100

Schmelzbüschel Bildmitte, Schmelzlamelle rechts unten
 Dentin links unten

In Zonen mit Anreicherung von organischer Substanz ist
 die Fluoreszenz besonders kräftig. Auch in den Prismen-
 scheiden wird das Leuchten des Tetracyclins im UV Licht
 deutlich.



Abb. 7a

Lichtmikroskopische Aufnahme zu 7b

Serie I B I 7 ♀ 29 J. Film Nr. V, 29

Tetracyclindepot 100 mg am V-Kanaleingang 46 Std.

ca. 25 u

Vergr. 1 : 40

Teile der Wurzelkanalwand und das foramen apicale mit anhängendem Gewebe sind im rechten oberen Bildrand deutlich zu erkennen. Links werden im zellhaltigen Zementmantel die Schichtlinien schwach sichtbar.

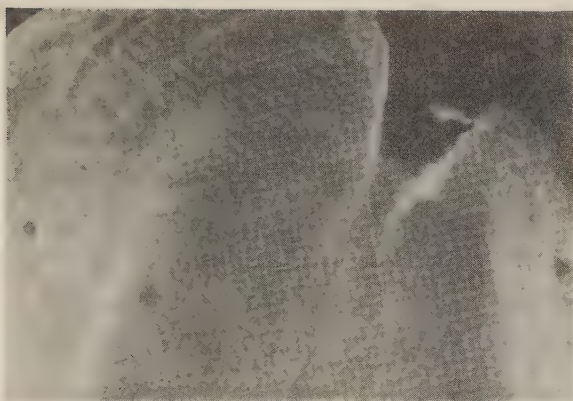


Abb. 7b

Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme zu 7b

Serie I B I 7 ♀ 29 J. Film Nr. V, 28

Tetracyclindepot 100 mg am V-Kanaleingang 46 Std.

ca 25 μ Erregerfilter UG 1 2+2 Sperrfilter 430

UG 3 5

Vergr. 1 : 40

Die Wand des Wurzelkanalausgangs und das anhängende Gewebe fluoreszieren deutlich. Die Schichtlinien im Zement treten durch die Imprägnierung mit dem Farbstoff deutlich hervor. Die Wände der Zementzellakunen weisen eine Anreicherung von Tetracyclinen auf.

Befunde der Serie II

Die mikroskopische Untersuchung der Präparate im U.V.-Licht zeigte in allen Zahnhartgeweben eine deutliche Fluoreszenz (Tab. VIII). Die Wurzelkanalwand im Bereich des Tetracyclinepots fluoresziert besonders kräftig, die Interglobularräume nur vereinzelt. In Präparaten mit anhängendem Schmelz findet man eine diffuse Fluoreszenz. Im Periodont waren ebenfalls Tetracycline nachweisbar, ebenso im Zement.

In Präparaten mit angrenzenden Knochen waren auch im periodontnahen Anteil der Alveolenwand Farbstoffeinslagerungen zu erkennen (Abb. 8a und b). In einem Präparat kann man in Zahnhalsnähe gut fluoreszierende Karieszonen erkennen.

Trotz des apicalen Verschlusses durch eine Chloroperccha-V-Kanalfüllung ist der Farbstoff durch das Dentin hindurch sowohl in Richtung auf den Schmelz als auch durch das Zement hindurch in den Periodontalspalt diffundiert.

Die Befunde decken sich mit denen der Serie I.

Präp.Nr. SERIE II	SCHMELZ				DENTIN	
	Büschel	Lamellen	SOH	SD-Grenze	Kanälchen	
B II 6	+	+	-	+	in Depotnähe +	
B II 7	-			-	-	
B II 8	-	+	+	+	-	
B II 10	in einem Präp. ++ sonst (+)	++		+	-	
B II 1	-	-	-	(+)		
B II 2				+		
B II 5	diffuse +	Flecken +		++	-	
B II 9						
B II 4					in Depotnähe + in Apexnähe (+) Zahnhalsskaries +	
B II 3					in Depotnähe + in Apexnähe (+) Zahnhalsskaries +	

	DENTIN	ZEMENT		PERIODONT	PULPA
	Interglobular-dentin	Zellen	Anlagerungs-linien		Tetracyclin-einlage
	um V-Kanal +		V-Spitze (+)	(im Knochen vereinzelt +)	V-Kanalwand
	-	(+)	-	+	+
	-	-	-	periapical (+) +	V-Kanalwand +
	-	vereinzelt (+)		+	V-Kanalwand +
	-	-	+	+	V-Kanalwand +
		(+)	-	+	V-Kanalwand +
		vereinzelt (+)	+	+	V-Kanalwand +
	-	vereinzelt (+)	+	+	V-Kanalwand +
				(im Knochen vereinzelt +) +	V-Kanalwand u. z. T. nicht gefü. V-Kanal +
	+	Zement im cerv. Anteil +	+	teilweise auch im Knochen + +	
	+	vereinzelt (+)	(+)		

Tabelle VIII

Zusammenstellung der Befunde aus Serie II

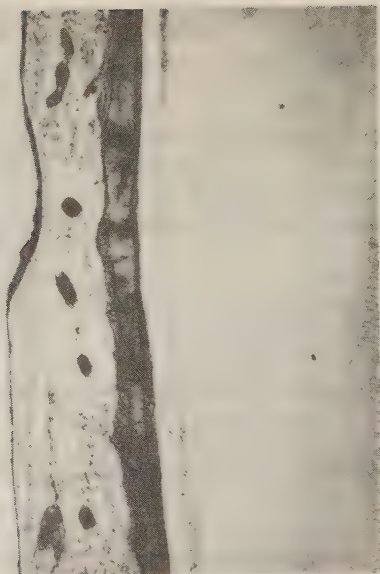


Abb. 8a

Lichtmikroskopische Aufnahme zu 8b

Serie II B II 9 ♂ 40 J. Film Nr. X, 8
Tetracyclindepot 100 mg am V-Kanaleingang 9 Tg.

ca. 25 μ

Vergr. 1 : 40

Auf dem Bild sind von links nach rechts die knöcherne Alveolenwand, das Periodont, Faserzement, die Tomessche Körnerschicht und das Dentin zu sehen.

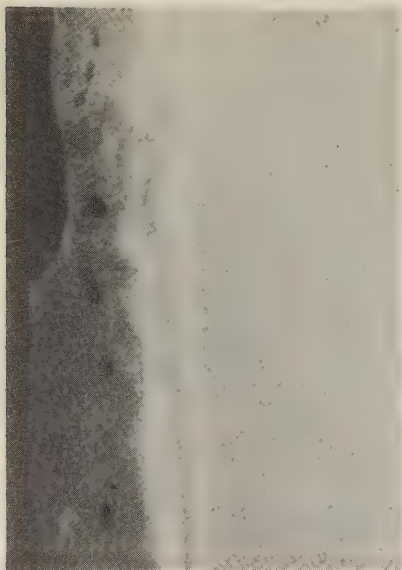


Abb. 8b

Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme zu 8a

Serie II B II 9 ♂ 40 J. Film Nr. X, 9

Tetracyclindepot 100 mg am V-Kanaleingang 9 Tg.

ca. 25 μ Erregerfilter UG 1 2+2 Sperrfilter 430

UG 3 5

Vergr. 1 : 40

Im Alveolenknochen sind einige Fortsätze der Sharpey-
schen Fasern als fluoreszierende Linien zu erkennen.
Das Periodont ist kräftig mit Tetracyclinen angefärbt.
Die Tomessche Körnerschicht ist als hell leuchtender
Streifen zu sehen.

Befunde der Serie III

Bei der fluoreszenzmikroskopischen Untersuchung der Präparate zeigten Zement und Dentin eine deutliche Fluoreszenz, während der Schmelz häufig nur schwach gefärbt war. Die Schmelz-Dentin-Grenze ist deutlich erkennbar. Der Wurzelkanalinhalt, die Wurzelkanalwand und die angrenzenden Dentinschichten zeigten eine kräftige Fluoreszenz. Bei einigen Präparaten fluoreszierte die Zement-Dentin-Grenze (Tab. IX).

Im Periodont waren ebenfalls verstärkt Tetracycline nachweisbar, deren Konzentration in allen Abschnitten gleichmäßig schien (vergl. Abb. 8 Serie II).

Die Injektion von Tetracyclinen führt am Zahn mit vitaler Pulpa zu einer Anfärbung sämtlicher Gewebe mit unterschiedlicher Intensität (Abb. 9a + b). Die Diffusionsrichtung ist hier nicht einwandfrei zu erkennen. Der Farbstoff kann sowohl von der Pulpa aus als auch vom Periodont in die Hartgewebe eingedrungen sein. Wieweit die Fluoreszenz im Schmelz auf eine Diffusion vom Speichel her zurückzuführen ist, kann in dieser Serie nicht nachgewiesen werden. Abstriche der Mundhöhle haben gezeigt, daß auch die Zellen im Speichel deutlich fluoreszieren (vergl. Abb. 10 Serie IV). Die Intensität der Fluoreszenz war unabhängig von der Zahl der Injektionen, der Zeitspanne nach der letzten Injektion und dem Alter der Patienten.

Präp.Nr. SERIE II	SCHMELZ				DENTIN	
	Büschel	Lamellen	SOH	SD-Grenze	Kanälchen	
TS I 1				+	(+)	
TS I 2				(+)	verschiedene Intensität +	
TS I 3				+	-	
TS II 2		beg.Schmelz karies in Zahnhals- gegend +			im Dentin des V-Kanals +	
TS II 3				+	+	
TS II 5		+	+	+	1 Fluores.Str. im Dentin paral. der V-Kan.Wand +	
TS II 6				-	vereinzelt (+)	
B IV 2		+	+	vereinzelt (+)		
B IV 11	+	++	++	+	im Kronenbe- reich +	
B IV 12	++	++	++	+	in V-Kanalwand u. oberhalb des Pulpenhorn +	
B IV 10			+		+	

	DENTIN	ZEMENT		PERIODONT	PULPA
	Interglobular- dentin	Zellen	Anlagerungs- linien		vital
		+	diffus in Zahn- halsnähe +	+	in V-Kanalwand u. am For.apicale +
		+	Zement-Dentin- Grenze +	++	am V-Kanalaus- gang + im Pulpagewebe +
	vereinzelt + bei Zahnhals- karies +			++	
			+	+	
		+		+	
		diffus +		++	V-Kanalinhalt ++
			+	++	V-Kanalinhalt +
	im apicalen Drittel +	+	+	+	V-Kanal + Dentin im Pul- pacavum +
	+			++	
		(+)		+	
		+		+	

Tabelle IX
Zusammenstellung der Befunde aus Serie III



Abb. 9a

Lichtmikroskopische Aufnahme zu 9b
 Serie III TS I 1 ♀ 69 J. Film Nr. XI, 7
 1 x 275 mg Reverin i. v. 20 min.

ca. 25 μ

Vergr. 1 : 100

In der linken Bildhälfte ist der Wurzelkanal und die Wurzelkanalwand zu erkennen, in der rechten Bildhälfte ein Teil des umgebenden Dentins.

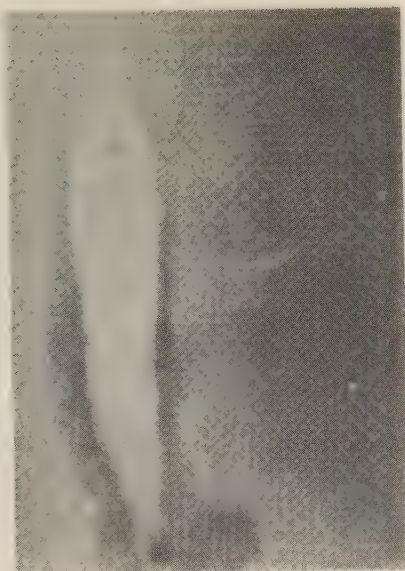


Abb. 9b

Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme zu 9a

Serie III TS I 1 ♀ 67 J. Film Nr. XI, 8

1 x 275 mg Reverin i. v. 20 min.

ca. 25 µ Erregerfilter UG 1 2+3 Sperrfilter 430

UG 3 5

Vergr. 1 : 100

Die Fluoreszenz ist kurz nach der Injektion vor allem diffus im Pulpabindegewebe zu beobachten. Vereinzelt sind pulpanahe Dentinkanälchen imprägniert.

Befund der Serie IV

Die fluoreszenzmikroskopische Untersuchung zeigte in allen Zahnhartgeweben eine Imprägnierung mit dem Farbstoff (Tab. X). Die Dentinschichten der Wurzelkanalwand zeigen ein deutliches Leuchten, im Zement war die Fluoreszenz geringer. Im Periodont waren ebenfalls Tetracycline nachweisbar.

In Präparaten mit angrenzenden Knochen waren auch in der Alveolenwand Farbstoffeinlagerungen zu erkennen. In einigen Präparaten fiel auf, daß sich Karieszonen besonders intensiv anfärben. Die Befunde stimmen mit denen der Serie I und II weitgehend überein. Auch bei den Präparaten dieser Serie läßt sich keine Aussage über die Diffusionsrichtung machen. Vom apicalen Parodont könne durchaus Tetracyclin in den Wurzelkanal und die Dentinwand diffundiert sein, da die pulpatoten Zähne dieser Serie nicht wurzelbehandelt waren und so ein offenes foramen apicale hatten. Auch für den Schmelz ist die Diffusionsrichtung nicht zu bestimmen, Abstriche an der Mundhöhle (Abb. 10 a + b) zeigen deutlich fluoreszierende Zellen und Bakterien.

Präp.Nr. SERIE IV	SCHMELZ			DENTIN		
	Büschel	Lamellen	SOH	SD-Grenze	Kanälchen	
B IV 7	+			+	(+)	
B IV 8		(+)	+	+	+	
B IV 6	+			+		
B IV 3		Schmelzka- ries +			+	
B IV 4	+			+	+	
B IV 5			+	+		
B IV 9					+	
B IV 1	+	Schmelz- karies + diffus +		+		

	DENTIN	ZEMENT		PERIODONT	PULPA
	Interglobular- dentin	Zellen	Anlagerungs- linien		
	an V-Kanalwand +		+	+	an V-Kanalwand +
			vereinzelt +	+	an V-Kanalwand +
		+		+	
	in V-Kanalwand u. am For.apic. +	vereinzelt +	diffus +	+	an V-Kanalwand +
	an V-Kanalwand +			+	an V-Kanalwand +
	(am V-Kanalein- gang) +		+	++	
	Dentin-Zement- grenze +	++		+	V-Kanalinhalt +
	am For.apic. +	+	+	+	am For.apic. +

Tabelle X

Zusammenstellung der Befunde aus
Serie IV

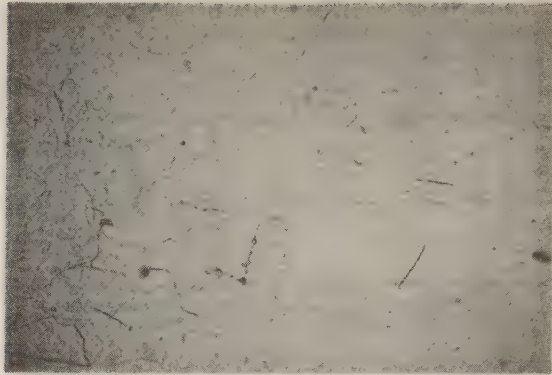


Abb. 10a

Lichtmikroskopische Aufnahme zu 10b

Serie IV B IV 3 ♂ 17 J. Film Nr. XIII, 11

3 x 275 mg Reverin i. v. 4 Tg.

Vergr. 1 : 400

Abstrich von der Mundschleimhaut

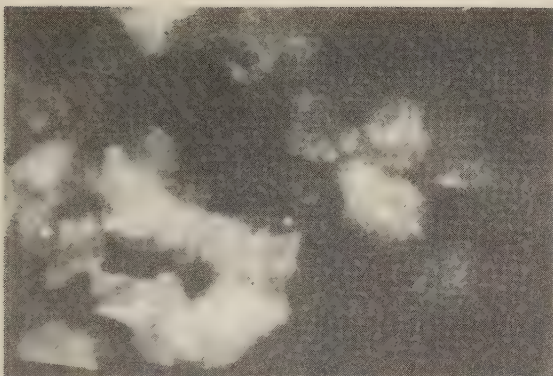


Abb. 10b

Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme zu 10a

Serie IV B IV 3 17 J. Film Nr. XIII, 12

3 x 275 mg Reverin i.v. 4 Tg.

Erregerfilter UG 1 2+2 Sperrfilter 430 Vergr. 1 : 400

UG 3 5

Deutlich ist die Fluoreszenz der Epithelien und der Bakterienhaufen zu erkennen.

Befunde der Serie V

Die fluoreszenzmikroskopische Untersuchung der Präparate zeigte im Zement und Dentin eine deutliche Fluoreszenz. Es fiel auf, daß sich kariöse Zonen im Schmelz wie im Dentin, ebenso wie in den Präparaten der anderen Serien besonders gut färbten (Tab. XI).

Im Periodont waren ebenfalls Tetracycline nachweisbar. Im Schmelz war in allen Präparaten nur eine geringe Färbung nachweisbar. Im Dentin stellt sich die Zement-Dentin-Grenze immer besonders deutlich dar. Im Zement zeigten sich regelmäßig fluoreszierende Linien an den Anlagerungszonen; die Zellen haben fast vollzählig Tetracycline gespeichert.

Aus den Befunden dieser Serie wird deutlich, daß hier die Diffusionsrichtungen vom Periodont in Richtung zur Zahnpulpa verläuft. Offenbar breitet sich der Farbstoff an der Zement-Dentin- und Schmelz-Dentin-Grenze aus und imprägniert von hier aus das Kronendentin. Die Anreicherung von Tetracyclinen in den Interglobularräumen (Abb. 11a und b) läßt diesen Diffusionsweg vermuten.

Präp.Nr. SERIE V	SCHMELZ				DENTIN	
	Büschel	Lamellen	SOH	SD-Grenze	Kanälchen	
B III 3	Schmelzka- ries +	+		diffus +	am For.apic.+ im Kronenbe- reich +	
B III 1					Dentinkaries im Kronenbe- reich +	
B III 2					im Kronenbe- reich u. in Karies ++	
B III 4			+		Dentinkaries	
B III 7						
B III 8					Dentinkaries +	
B III 9		+	diffus +		Dentinkaries +	
B III 10	+	+	+	+	++	
B III 5					Dentinkaries V-Kanalwand (+)	
B III 6			(+)	(+)	Dentinkaries +	

	DENTIN Interglobular- dentin	Zellen	Anlagerungs- linien	PERIODONT	PULPA
		+	+	+	an V-Kanal- wand +
		diffus +	+	+	
	++	+	+		an V-Kanal- wand +
	Dentin-Zement- grenze +	+	++	+	an V-Kanal wand +
		+		+	apical +
	Dentin-Zement- grenze +	+	+	+	an V-Kanal- wand +
			+	+	
	Dentin-Zement- grenze ++	+	+	+	an V-Kanal- wand +
			(+)	(+)	an V-Kanal- wand +
			+	+	

Tabelle XI
Zusammenstellung der Befunde aus Serie V

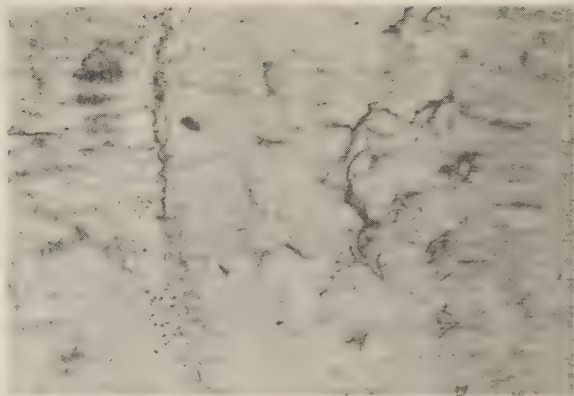


Abb. 11a

Lichtmikroskopische Aufnahme zu 10b

Serie V B III 3 ♂ 34 J. Film Nr. XV, 27

1 x 275 mg Reverin i. v. 22 Std.

ca. 25 μ

Vergr. 1 : 100

Links im Bild sind Teile des Schmelzes, im linken Drittel die Schmelz-Dentin-Grenze, Rechts Dentin mit Interglobularbezirken zu erkennen.

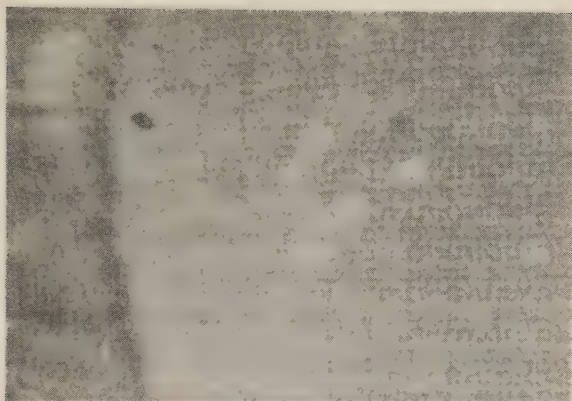


Abb. 11b

Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme zu 11a

Serie V B III 3 ♂ 34 J. Film Nr. XV, 28

1 x 275 mg Reverin i. v. 22 Std.

ca. 25 μ Erregerfilter UG 1 2+2 Sperrfilter 430

UG 3 5

Vergr. 1 : 100

Besonders die Interglobularräume sind mit dem fluoreszierenden Farbstoff angefüllt und dadurch ihre Grenzen gut sichtbar. Im Schmelz dieses Präparates ist lediglich Eigenfluoreszenz zu bemerken (Vergl. Abb. 6b).

Zusammenfassung der Ergebnisse

In den fünf verschiedenen Serien sollte die Richtung und das Ausmaß der Diffusion eines fluoreszierenden Farbstoffes in den Zahnhartgeweben untersucht werden.

Für die Serien I und II wurde der Farbstoff in Höhe des Wurzelkanaleinganges deponiert, für die Serien IV und V wurden die Tetracycline über den Blutweg von außen zugeführt. Die Serie III - als Vergleichsgruppe - enthält vitale Zähne bei denen über den Blutweg sowohl vom Zahnmarm als auch vom Periodont für den Farbstoff Zugang zu den Zahnhartsubstanzen bestand.

Es zeigte sich in diesen 5 Versuchsreihen, daß alle Zahnhartgewebe von dem Farbstoff durchdrungen werden, gleichgültig welche Art der Tetracyclinzufuhr gewählt wurde.

Die Intensität der Imprägnierung nimmt vom Applikationsort zu entfernter liegenden Zahnhartgeweben ab. Die Anfärbbarkeit pulpatoter Zähne ist im gleichen Gewebe desselben Zahnes unterschiedlich. So sind z.B. im Schmelz regelrechte Bahnen mit starker Farbstoffanreicherung zu finden, neben solchen die ungefärbt bleiben (vergl. Abb. 6b). Eine Ausnahme bildet allerdings das Zement, bei dem Zellen und Anlagerungslinien in allen Abschnitten gleichmäßig fluoreszierten.

So läßt sich aus den Serien I und II ableiten, daß eine Diffusion von der Pulpa aus bis in das Periodont und das Schmelzoberhäutchen stattfindet, mit den Serien IV und V läßt sich die umgekehrte Strömungsrichtung belegen.

Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit decken sich weitgehend mit den Beobachtungen, die STÜBEN und SPRETER von KREUDENSTEIN (32 u. 30) mitteilten. Die Autoren hatten der Serie III und IV gleichende Untersuchungen am Hund durchgeführt. Mit der hier verwandten Methodik läßt sich jedoch der von STÜBEN und SPRETER von KREUDENSTEIN festgestellte Konzentrationsunterschied im Dentin nicht nachweisen. WANNENMACHER (34) führte der Serie I ähnliche Versuche an extrahierten menschlichen Zähnen durch. Auch seine Befunde gleichen denen, wie sie in der vorliegenden Arbeit an funktionstüchtigen menschlichen Zähnen gewonnen wurden. WANNENMACHER (34) beobachtete die streifige Anfärbung von Dentin- und Schmelzbezirken ebenso wie sie hier beschrieben wurden. Ebenso stellte er die gleichmäßige Anfärbbarkeit des Zementes in gleicher Weise dar.

Die Befunde der vorliegenden Untersuchungen stehen allerdings im Widerspruch zu den Veröffentlichungen von ANTALOVSKA (1) u. (3), EGER und Mitarbeiter (10) und zu den Untersuchungen von GÖTZE (14). Die Autoren behaupten im bereits mineralisierten Zahn nach der Einwirkung von Tetracyclinen keine Fluoreszenz nachweisen zu können.

Die Behauptungen von ANTALOVSKA (1 u. 3) und EGER (10), daß Tetracycline in die bereits mineralisierten Zahnhartgewebe nicht mehr eindringen, lassen sich an Hand der vorliegenden Befunde eindeutig widerlegen. Unabhängig von der Art der Zufuhr, der Dauer der Einwirkung und der Dosierung ist die Tetracyclinfluoreszenz in allen Zahnhartgeweben nachweisbar.

Besonders aber muß den Angaben von GÖTZE (14) widersprochen werden. Er behauptet, daß Tetracycline auf Dentinwunden gelegt nur in geringem Ausmaß im gesunden Dentin, nicht aber in der Pulpa oder in kariös veränderten Zahnhartsubstanzen nachweisbar werden. Die Befunde der vorliegenden Arbeit beweisen eindeutig das Gegenteil. Besonders kariös veränderte Zahnhartsubstanzen reichern sich mit dem fluoreszierenden Farbstoff an. Als Erklärung für diese widersprechenden Beobachtungen können nur unterschiedliche Verarbeitungsmethoden des Materials angenommen werden.

Tetracyclinimprägnierte Zähne dürfen nicht entkalkt und geschnitten werden, da der Farbstoff durch die Demineralisation ausgewaschen wird. Auch beim Schleifen von Zähnen, die posteruptiv mit Tetracyclinen behandelt wurden, muß außerordentlich schonend vorgegangen werden. Nur bei sparsamster Kühlung mit geeigneten Flüssigkeiten (80-96 % Alkohol) kann der Verlust des nicht gebundenen Farbstoffes klein gehalten und eine Fluoreszenz auch nach der Bear-

beitung noch nachgewiesen werden. Offenbar hat GÖTZE (14) diese Voraussetzungen nicht beachtet.

Auf eine Deutung der Diffusionsvorgänge in den Zahnhartsubstanzen als Zeichen von Stoffwechselvorgängen an pulpatoten Zähnen, muß hier verzichtet werden, da ein Beweis für diese Vermutung nicht erbracht werden kann. Allerdings läßt ein Analogschluß eine solche Möglichkeit durchaus zu. In der Unfallchirurgie werden Tetracycline heute zur Differenzierung von Verbrennungen 2. und 3. Grades verwandt (GELDMACHER (13)). Während die Wunden von Verbrennungen 2. Grades nach intravenösen Injektionen von Tetracyclinen im U.V.-Licht fluoreszieren, wird bei den Nekrosen des 3. Grades kein Leuchten mehr beobachtet. Nekrotisches Gewebe läßt sich also mit Tetracyclinen nicht anfärben. So scheint der Schluß, daß auch im Dentin des pulpatoten Zahnes Stoffaustauschvorgänge stattfinden, durchaus berechtigt.

Zusammenfassung

An pulpatoten funktionstüchtigen menschlichen Zähnen wurde die Richtung und das Ausmaß der Diffusion untersucht. Dazu wurden 5 Versuchsreihen angelegt.

1. Wurde die Diffusion nach Applikation eines Tetracyclindepots am Eingang eines leeren Wurzelkanals untersucht.
2. Wurden die Wurzelkanäle aufbereitet, gefüllt und anschließend auf die Wurzelfüllung am Kanaleingang ein Tetracyclindepot gelegt.
3. Wurden Patienten mit pulpatoten Zähnen Tetracycline parenteral zugeführt.
4. Wurden pulpatote Zähne wurzelkanalbehandelt, gefüllt und anschließend den Patienten Tetracycline intravenös verabreicht.

Nach der Extraktion wurden die Zähne schonend eingebettet und geschliffen.

Die fluoreszenzmikroskopische Untersuchung zeigt unabhängig von der Dosierung des Farbstoffes, seiner Einwirkungs-dauer und der Applikationsart eine Imprägnierung aller Zahn-hartgewebe. Die Diffusionsrichtung kann sowohl von der Pulpa zum Periodont als auch umgekehrt verlaufen.

Es ergibt sich daraus, daß auch am pulpatoten Zahn die Diffusion von Gewebssäften stattfindet. Die Hartgewebe des pulpatoten Zahnes sind mit seiner Umgebung durch biologische Austauschvorgänge verbunden.

SCHRIFTTUM

1. ANTALOVSKA, Z.: Verfärbung der Zähne nach der Verabreichung der Tetracyclinantibiotika
Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 611 (1964)
2. ANTALOVSKA, Z. u. Mit.: Über die Beziehungen zwischen Fluoreszenz, Menge und biologische Aktivität der in Zahnhartgeweben fixierten Tetracyclinangebote
Dtsch. Stomat. 3, 184 (1967)
3. ANTALOVSKA, Z.: Die Gesetze der Tetracyclinablagerungen im Rattenschneidezahn
J. Dent. Res. 45, 1430 (1966)
4. ATKINSON, H.F. u. J.K. HARCOURT: Tetracyclines in Human Dentine
Nature 195, 508 (1962)
5. BERTRAM, H.: Der Nachweis des Stoffwechsels im Hundezahnbein durch Farbwanderung
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 1, 105 (1934)

6. BEVELANDER, G., G.K. ROLLE u. S.Q. COHLAN: The effect
of the administration of tetracycline on
the development of teeth
J. Dent. Res. 40, 1020 (1961)
7. BOLENDER, C. u. A. COHEN: Dentinal uptake of tetracyc-
lines under controlled conditions in
children
J. Dent. Res. 44, 1140 (1965)
8. BOYNE, P.J. u. C.W. MILLER: A Study of Tooth Development
by Tetracycline-induced Fluorescence
J. Dent. Res. 40, 1079 (1961)
9. BUCHER, R. u. T. WEGMANN: 5 Jahre Erfahrungen mit Reverin
Schweiz. med. Wschr. 95, 1621 (1965)
10. EGER, W., H. KÄMMERER u. G. BOTHMANN: Experimentelle
Beiträge zur Tetracyclinablagerung in den
Zähnen
Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 828 (1965)
11. EPKER, B.N.: Tetracycline in Human Dentine: Deposition
in the Zone of Mineralisation
J. Dent. Res. 43, 1824 (1964)

12. FRANKEL, M.A. u. R.R. HAWES: Tetracycline Antibiotics
and Tooth Discoloration
Therapeutics & Pharmacology 1, 147 (1964)
13. GELDMACHER, J.: Finger- und Hand-Verletzungen
öffentliche Probeverteilung SS. 1968
vor der Medizinischen Fakultät der
Universität Erlangen-Nürnberg
14. GÖTZE, W.: Zur Frage der Eindringtiefe des Tetracyc-
lin bei der Behandlung der Pulpitis mit
Ledermix
Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 974 (1966)
15. HARCOURT, J.K. u. Mit.: In Vivo Incorporation of Tetracyc-
line in the Teeth of Man
Arch. oral. Biol. 7, 129 (1962)
16. HARNDT, R.: Nachweis intravenös verabfolgter, fluores-
zierender Substanzen in den Hartgeweben
marktoter menschlicher Zähne
Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 307 (1966)
17. HELANDER, S. u. L.E. BÖTTIGER: On the distribution of
Terramycin in different tissues
Act. med. Scand. 147, 71 (1953)

18. IBSEN, K.H. u. R.F. SOGNAES: Differences among tetracyclines with respect of the staining of teeth
Ped. Pharm. Ther. 67, 459 (1965)
19. JOHNSON, R.H. u. D.F. MITCHELL: The effect of tetracyclines on teeth and bones
J. Dent. Res. 45, 86 (1966)
20. KÄMMERER, H. u. W. EGER: Tetracycline und Knochenstoffwechsel
Med. Welt 18, 986 (1965)
21. KEIL, A.: Tetracyclin - Fluoreszenzmikroskopie insbesondere der Zähne
Leitz-Mitt. Wiss. u. Techn. 111, 83 (1965)
22. KEIL, A. u. H. FRERK: Tetracyclin - Fluorochromie - Versuche an wachsenden Zähnen und am Kieferknochen
Wien. tierärztl. Mschr. 50, 350 (1963)
23. KELLY, R.G., H.J. EISNER u. D.A. BUYSKE: Concentration and Persistence of Tetracycline and Chlor-tetracycline in Bone
J. Pharmacol. Exper. Therap. 130, 144 (1960)

24. KEWORKIAN, K. u. D. MITEW: Quantitative Bestimmung des
durch das supra-pulpäre Dentin diffundierten
Tetracyclins im Hinblick auf die Therapie der
entzündeten Pulpa
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Khlkd. 49, 1 (1967)
25. KÖHLER, E.: Experimentelle Untersuchungen über die Aus-
breitung von Fremdstoffen in den menschli-
chen Zahnhartgeweben.
Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 717 (1965)
26. KRIEG, A.: Fluoreszenzmikroskopie
Zeiss Werkzeitschrift 26, 105 (1957)
27. MILCH, R.A., O.P. RALL u. J.E. TOBIE: Fluorescence of
Tetracycline - Antibiotics in Bone
J. Bone Joint. Surg. 40, 897 (1958)
28. MILLER, J.: Tetracycline in teeth and bone
Lancet, 1, 861 (1962)
29. SHWACHMAN, H. u. Mit.: The Effect of Long - Term Antibiotic
Therapy in Patients with Cystic Fibrosis
of the Pancreas
Antibiotic Annual 629 (1958-1959)

30. SPRETER v. KREUDENSTEIN, J. STÜBEN u. H. KNOTHE: Experimentelle Untersuchungen zum Nachweis des Übertritts von Tetracyclin aus dem Blut in den Dentinliquor
Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 1961 (1957)
31. STÜBEN, J. u. H. KNOTHE: Experimentelle Untersuchungen über die Beeinflussung des Zahnwachstums durch Tetracyclingaben sowie über die Konzentration der Tetracyclinablagerung im Knochen und Dentin
Dtsch. zahnärztl. Z. 45, 464 (1965)
32. STÜBEN, J. u. Th., SPRETER v. KREUDENSTEIN: Experimentelle Untersuchungen über die Beteiligung des Zahnmarkes am Stoffaustausch zwischen Blut und Dentinliquor
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 967 (1960)
33. WALLMAN, I.S. u. H.B. HILTON: Teeth pigmented by Tetracycline
Lancet, 1 827 (1962)
34. WANNENMACHER, E.: Diffusionsvorgänge in den harten Zahnschmelzsubstanzen insbesondere im Zahnschmelz
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Khlkd. 1, 47 (1938)

35. WEYMAN, J. u. J.R. PORTEOUS: Tetracycline discoloration
and bands in human teeth
Brit. Dent. J. 115, 499 (1962)
36. ZEGARELLI, E.V. u. Mit.: Discolouration of human teeth
by tetracycline
Pediatrics 26, 1050 (1960)

Herrn Universitätsdozent Dr.Dr. R. Harndt möchte ich für die freundliche Überlassung des Themas, für die ständige Hilfe und Beratung bei der Durchführung der Arbeit meinen herzlichsten Dank sagen.

LEBENS LAUF

Als Sohn des Zahnarztes Georg Bauer und dessen Ehefrau Ella, geb. Kafka, wurde ich am 6.6.1941 in Kaplitz/CSSR geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule war ich Schüler am Gymnasium Fridericianum in Erlangen, wo ich 1962 das Abitur ablegte.

Mit dem Wintersemester 1962 begann ich an der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg das Studium der Zahnheilkunde. Im Juli 1965 legte ich die zahnmedizinische Vorprüfung, 5 Semester später, im Juli 1968, die zahnmedizinische Prüfung ab.

Seit 1.8.1968 bin ich als Assistent in der Praxis meines Vaters beschäftigt.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
